

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

05/8025
ISR ③(11)Publication number : 10-021391
(43)Date of publication of application : 23.01.1998

(51)Int.Cl. G06T 7/00

(21)Application number : 08-169604

(71)Applicant : GLORY LTD

(22)Date of filing : 28.06.1996

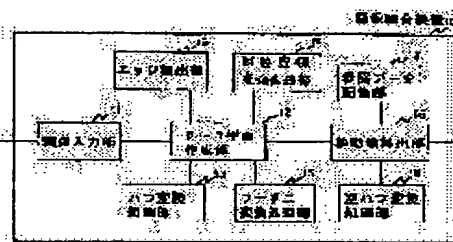
(72)Inventor : ONISHI HIROYUKI
SUZUKI HISASHI

(54) METHOD AND DEVICE FOR COLLATING PICTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and device for collating a picture in which a necessary memory capacity can be reduced, and complicate picture collation can be quickly operated at the time of collating a rotated, parallel moved, and enlarged (reduced) picture.

SOLUTION: A \hat{e} -(q) plane preparing part 12 prepares $h1(\hat{e}, \hat{n})$ and $H1(\hat{e}, p)$ for an input picture by using an edge detecting part 13, Hough transformation processing part 14, Fourier transformation processing part 15, and logarithmic coordinate transformation processing part 19, and prepares $H1(\hat{e}, q)$ by performing the logarithmic coordinate transformation of those. Then, a moving amount calculating part 16 compares this $H1(\hat{e}, q)$ with $H0(\hat{e}, q)$ stored in a reference data storing part 17, calculates a rotational angle and an enlargement/reduction ratio in a \hat{e} -(q) plane level, and calculates a parallel moving amount in a \hat{e} - \hat{n} plane level based on the pertinent rotational angle and enlargement/reduction ratio.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.07.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3098711

[Date of registration] 11.08.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-21391

(43)公開日 平成10年(1998) 1月23日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 6 T 7/00

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 6 F 15/70

技術表示箇所

4 5 5 A

3 3 0 F

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 20 頁)

(21)出願番号 特願平8-169604

(22)出願日 平成8年(1996) 6月28日

(71)出願人 000001432

グローリー工業株式会社

兵庫県姫路市下手野1丁目3番1号

(72)発明者 大西 弘之

兵庫県姫路市下手野一丁目3番1号 グロ

ーリー工業株式会社内

(72)発明者 鈴木 寿

東京都文京区春日1丁目13番27号 中央大

学理工学部情報工学科内

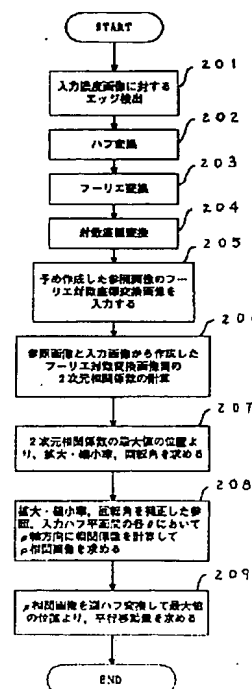
(74)代理人 弁理士 木村 高久

(54)【発明の名称】 画像照合方法及び装置

(57)【要約】

【課題】回転し、平行移動し、拡大(縮小)された画像を照合する際に、必要となるメモリ容量を低減しつつ、複雑な画像の照合を迅速に行うことができる画像照合方法及び装置を提供する。

【解決手段】 $\theta-q$ 平面作成部12がエッジ検出部13、ハフ変換処理部14、フーリエ変換処理部15および対数座標変換処理部19を用いて入力画像に対応する $h1(\theta, \rho)$ 及び $H1(\theta, p)$ を作成し、さらにこれを対数座標変換して $H1(\theta, q)$ を作成し、移動量算出部16がこの $H1(\theta, q)$ と参照データ記憶部17に記憶した $H0(\theta, q)$ を比較して $\theta-q$ 平面レベルで回転角および拡大・縮小率を求め、該回転角および拡大・縮小率に基づいて $\theta-\rho$ 平面レベルで平行移動量を算出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 参照画像に対する入力画像の回転角 ψ 、平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ および拡大・縮小率 s をそれぞれ算出し、該算出結果に基づいて参照画像と入力画像の画像照合を行うようにした画像照合方法において、

前記参照画像および前記入力画像のそれぞれについてエッジ方向画像を生成するステップと、

前記参照画像についてのエッジ方向画像に対して $\theta-\rho$ ハフ変換を行って参照 $\theta-\rho$ 平面データを生成するとともに、前記入力画像についてのエッジ方向画像に対して $\theta-\rho$ ハフ変換を行って入力 $\theta-\rho$ 平面データを生成するステップと、

前記参照画像についての参照 $\theta-\rho$ 平面データをフーリエ変換して参照 $\theta-p$ 平面データを生成するとともに、前記入力画像についての入力 $\theta-\rho$ 平面データをフーリエ変換して入力 $\theta-p$ 平面データを生成するステップと、

前記入力 $\theta-p$ 平面の p 軸と前記参照 $\theta-p$ 平面の p 軸のそれぞれを、 q 軸に対数座標変換することにより、参照 $\theta-q$ 平面に対して入力 $\theta-q$ 平面が、 q 軸方向に前記拡大・縮小率 s に応じた量だけシフトするように、当該参照 $\theta-q$ 平面データおよび入力 $\theta-q$ 平面データを生成するステップと、

前記参照 $\theta-q$ 平面データと入力 $\theta-q$ 平面データとを突き合わせて2次元画像マッチング処理することにより、参照 $\theta-q$ 平面に対する入力 $\theta-q$ 平面の θ 軸方向のシフト量を前記回転角 ψ として算出するとともに、参照 $\theta-q$ 平面に対する入力 $\theta-q$ 平面の q 軸方向のシフト量を前記拡大・縮小率 s として算出するステップと、前記算出された回転角 ψ および拡大・縮小率 s を用いて前記参照 $\theta-p$ 平面に対する前記入力 $\theta-p$ 平面の θ 軸方向のシフト量および ρ 軸方向の拡大・縮小率を補正し、この補正された参照 $\theta-p$ 平面データと前記入力 $\theta-p$ 平面データの各 θ において相互相関係数を求め、逆ハフ変換を行って前記平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ を算出するステップと具えた画像照合方法。

【請求項2】 参照画像に対する入力画像の回転角 ψ 、平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ および拡大・縮小率 s をそれぞれ算出し、該算出結果に基づいて参照画像と入力画像の画像照合を行うようにした画像照合装置において、

前記参照画像および前記入力画像のそれぞれについてエッジ方向画像を生成するエッジ画像生成手段と、

前記参照画像についてのエッジ方向画像に対して $\theta-\rho$ ハフ変換を行って参照 $\theta-\rho$ 平面データを生成するとともに、前記入力画像についてのエッジ方向画像に対して $\theta-\rho$ ハフ変換を行って入力 $\theta-\rho$ 平面データを生成するハフ変換手段と、

前記参照画像についての参照 $\theta-p$ 平面データをフーリ

エ変換して参照 $\theta-p$ 平面データを生成するとともに、前記入力画像についての入力 $\theta-p$ 平面データをフーリエ変換して入力 $\theta-p$ 平面データを生成するフーリエ変換手段と、

前記入力 $\theta-p$ 平面の p 軸と前記参照 $\theta-p$ 平面の p 軸のそれぞれを、 q 軸に対数座標変換することにより、参照 $\theta-q$ 平面に対して入力 $\theta-q$ 平面が、 q 軸方向に前記拡大・縮小率 s に応じた量だけシフトするように、当該参照 $\theta-q$ 平面データおよび入力 $\theta-q$ 平面データを生成する対数座標変換手段と、

前記参照 $\theta-q$ 平面データと入力 $\theta-q$ 平面データとを突き合わせて2次元画像マッチング処理することにより、参照 $\theta-q$ 平面に対する入力 $\theta-q$ 平面の θ 軸方向のシフト量を前記回転角 ψ として算出するとともに、参照 $\theta-q$ 平面に対する入力 $\theta-q$ 平面の q 軸方向のシフト量を前記拡大・縮小率 s として算出する回転角および拡大・縮小率算出手段と、

前記算出された回転角 ψ および拡大・縮小率 s を用いて前記参照 $\theta-p$ 平面に対する前記入力 $\theta-p$ 平面の θ 軸方向のシフト量および ρ 軸方向の拡大・縮小率を補正し、この補正された参照 $\theta-p$ 平面データと前記入力 $\theta-p$ 平面データの各 θ において相互相関係数を求め、逆ハフ変換を行って前記平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ を算出する平行移動量算出手段と具えた画像照合装置。

【請求項3】 前記参照画像に関するデータを予め記憶しておく記憶手段と、前記入力画像を外部より入力する入力手段とを更に具えた請求項2記載の画像照合装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基準となる図形等のパターンが撮像された参照画像と検査対象の図形等が撮像された入力画像の画像照合を行う画像照合方法及び装置に関し、特に入力画像が参照画像に対して回転し、平行移動し、拡大・縮小している場合に、該入力画像の参照画像に対する回転角、平行移動量および拡大・縮小率を高速に算出して、この算出結果に基づいて両画像を照合する画像照合方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】予め登録された参照画像と、画像入力装置等から入力された入力画像を照合するためには、画像相互間での相対的な回転角、平行移動量および拡大・縮小率を算出する必要がある。これらを算出するために、一般化ハフ(Hough)変換という手法が広く用いられる。

【0003】この種の技術として例えば特開昭62-77689号公報に開示されたものがあり、この公報は、一般化ハフ変換を高速に実行し得る回路をハードウェアで実現した一般化ハフ変換回路を開示している。

【0004】この一般化ハフ変換とは、任意の図形を画

像中から検出するための画像処理技術であり、回転角、平行移動量、拡大・縮小率の4次元のパラメータ空間に投票する方式である。

【0005】すなわち、一般化ハフ変換では、回転、平行移動し、拡大・縮小した画像の照合を行う際に、回転、平行移動、拡大・縮小に対応するパラメータ空間に4次元のメモリを用意する。そして、参照画像と入力画像のエッジ点間のすべての組合せについて、回転、平行移動、拡大・縮小のパラメータを求め、パラメータ空間に投票する処理を行う。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このように、一般化ハフ変換によれば、回転、平行移動、拡大・縮小に対応する4次元のパラメータ空間に対応すべく、4次元のメモリを用意する必要があるため、メモリ容量が膨大になり、コストが膨大なものになるという問題が招来する。

【0007】例えば、平行移動を1画素の分解能で、回転角を1度の分解能で求めるためには、画像サイズを256画素×256画素としたとき、パラメータ空間用に数100メガバイトのメモリ容量が要求される。

【0008】また、かかる一般化ハフ変換では、入力画像と参照画像の各エッジ点間の全ての組合せから回転量、平行移動量、拡大・縮小率を求めるようにしているため、入力画像と参照画像のエッジ数の増加に伴ってエッジ点間の組合せが増大しこれによって処理時間も増大するという問題が招来する。つまりエッジ数が多い複雑な図形等の照合には時間がかかるという問題が発生する。

【0009】本発明は、こうした実状に鑑みてなされたものであり、回転し、平行移動し、拡大・縮小した画像を照合する際に、メモリ容量を小さくでき、かつ複雑な図形等が撮像された画像を照合する場合であっても処理を迅速に行うことができるようにすることを解決課題とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明の主たる発明では、参照画像に対する入力画像の回転角 ψ 、平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ および拡大・縮小率 s をそれぞれ算出し、該算出結果に基づいて参照画像と入力画像の画像照合を行うようにした画像照合方法において、前記参照画像および前記入力画像のそれぞれについてエッジ方向画像を生成するステップと、前記参照画像についてのエッジ方向画像に対して $\theta-\rho$ ハフ変換を行って参照 $\theta-\rho$ 平面データを生成するとともに、前記入力画像についてのエッジ方向画像に対して $\theta-\rho$ ハフ変換を行って入力 $\theta-\rho$ 平面データを生成するステップと、前記参照画像についての参照 $\theta-\rho$ 平面データをフーリエ変換して参照 $\theta-p$ 平面データを生成するとともに、前記入力画像についての入力 $\theta-\rho$ 平面データをフーリエ変換して入力 $\theta-p$ 平面データを生成するステップと、前記入

力 $\theta-p$ 平面の p 軸と前記参照 $\theta-p$ 平面の p 軸のそれぞれを、 q 軸に対数座標変換することにより、参照 $\theta-q$ 平面に対して入力 $\theta-q$ 平面が、 q 軸方向に前記拡大・縮小率 s に応じた量だけシフトするように、当該参照 $\theta-q$ 平面データおよび入力 $\theta-q$ 平面データを生成するステップと、前記参照 $\theta-q$ 平面データと入力 $\theta-q$ 平面データとを突き合わせて2次元画像マッチング処理することにより、参照 $\theta-q$ 平面に対する入力 $\theta-q$ 平面の θ 軸方向のシフト量を前記回転角 ψ として算出するとともに、参照 $\theta-q$ 平面に対する入力 $\theta-q$ 平面の q 軸方向のシフト量を前記拡大・縮小率 s として算出するステップと、前記算出された回転角 ψ および拡大・縮小率 s を用いて前記参照 $\theta-p$ 平面に対する前記入力 $\theta-p$ 平面の θ 軸方向のシフト量および p 軸方向の拡大・縮小率を補正し、この補正された参照 $\theta-p$ 平面データと前記入力 $\theta-p$ 平面データの各 θ において相互相関係数を求め、逆ハフ変換を行って前記平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ を算出するステップと具えるようにしている。

【0011】また、本発明の別の発明では、上述した画像照合方法と同様な画像照合装置において、前記参照画像に関するデータを予め記憶しておく記憶手段と、前記入力画像を外部より入力する入力手段とを更に具えるようにしている。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

【0013】図1は、本実施の形態で用いる画像照合装置10の構成を示す図である。

【0014】図1に示すように、この画像照合装置10は、予め準備した参照画像と入力画像から、ハフ変換により得られる $\theta-p$ 平面データをさらにフーリエ変換して $\theta-q$ 平面データ、更に $\theta-q$ 平面データを算出し、この $\theta-q$ 平面レベルで回転角および拡大・縮小率を求めるとともに、求めた回転角、拡大・縮小率を用いて $\theta-p$ 平面レベルで平行移動量を求めるよう構成したものである。

【0015】具体的には、この画像照合装置10は、入力手段としての画像入力部11と、 $\theta-q$ 平面作成部12と、エッジ画像生成手段としてのエッジ検出部13と、ハフ変換手段としてのハフ変換処理部14と、フーリエ変換手段としてのフーリエ変換処理部15と、回転角および拡大・縮小率算出手段ないしは平行移動量算出手段としての移動量算出部16と、記憶手段としての参照データ記憶部17と、逆ハフ変換処理部18と、対数座標変換手段としての対数座標変換処理部19とからなる。

【0016】尚、前記エッジ画像生成手段と、ハフ変換手段と、フーリエ変換手段と、対数座標変換手段とは、各々、 $\theta-q$ 平面作成部12を含む。

【0017】すなわち、 $\theta-q$ 平面作成部12では、エ

ッジ方向画像を作成する際にエッジ検出部13を使用し、 $\theta-\rho$ 平面データを作成する際にはハフ変換処理部14を使用し、 $\theta-p$ 平面データを作成する際にはフーリエ変換処理部15を使用し、更に対数座標変換処理部19を使用して対数座標変換処理を行い、 $\theta-p$ 平面データを $\theta-q$ 平面データに変換する。

【0018】画像入力部11は、予め準備した参照濃度画像 $R(x, y)$ と入力濃度画像 $I(x, y)$ を入力する処理部であり、入力された各画像を $\theta-q$ 平面作成部12に出力する。

【0019】 $\theta-q$ 平面作成部12は、エッジ検出部13、ハフ変換処理部14、フーリエ変換処理部15および対数座標変換処理部19を用いて、入力された画像からエッジ方向画像、 $\theta-\rho$ 平面データ、 $\theta-p$ 平面データおよび $\theta-q$ 平面データを順次作成し、 $\theta-\rho$ 平面データ及び $\theta-q$ 平面データを移動量算出部16に出力する。

【0020】具体的には、エッジ検出部13を用いて入力された画像からエッジ方向画像を作成し、その後ハフ変換処理部14を用いてエッジ方向画像をハフ変換する。さらに、このハフ変換により得られる $\theta-\rho$ 平面データをフーリエ変換処理部15を用いてフーリエ変換し、 $\theta-p$ 平面データを作成し、さらに対数座標変換処理部19を用いて p 軸を q 軸に対数座標変換して、 $\theta-q$ 平面データを作成する。

【0021】すなわち、この $\theta-q$ 平面作成部12では、入力された画像が参照濃度画像 $R(x, y)$ である場合には、該 $R(x, y)$ に対応する参照 $\theta-q$ 平面データを作成し、また入力された画像が入力濃度画像 $I(x, y)$ である場合には、該 $I(x, y)$ に対応する入力 $\theta-q$ 平面データを作成する。

【0022】例えば、入力された画像が $R(x, y)$ である場合には、まず最初にエッジ検出部13を用いて参照エッジ方向画像 $Re(x, y)$ を作成し、次に、この $Re(x, y)$ をハフ変換処理部14によりハフ変換し、参照 $\theta-\rho$ 平面データ $h0(\theta, \rho)$ を作成する。さらに、この $h0(\theta, \rho)$ をフーリエ変換処理部15を用いてフーリエ変換し、参照 $\theta-p$ 平面データ $H0(\theta, p)$ を作成し、さらに、この $H0(\theta, p)$ を対数座標変換処理部19により対数座標変換して、参照 $\theta-q$ 平面データ $H0(\theta, q)$ を作成する。

【0023】 $h0(\theta, \rho)$ 及び $H0(\theta, q)$ を受け取った移動量算出部16は、この $h0(\theta, \rho)$ 及び $H0(\theta, q)$ を参照データとして、参照データ記憶部17に格納する。

【0024】エッジ検出部13は、濃度画像に対してガウスラプラシアンフィルタを適用して、ガウスラプラシアンフィルタの正負の符号が x 軸方向又は y 軸方向に変化する点（以下「ゼロクロス点」と言う。）を求めてエッジ点を検出するとともに、かかるゼロクロス点の

位置に対してソーベルオペレータを適用することによりノイズの除去を図りつつエッジ強度 E_m 及びエッジ方向 E_θ を算定し、該エッジ強度 E_m が所定のしきい値以上であることを条件としてそのエッジ方向 E_θ をエッジ方向画像に格納する処理部である。

【0025】具体的には、本発明では、特開平5-151352号公報に開示されるゼロクロス点に基づくエッジ検出方法を用いて、 $R(x, y)$ に対応する $Re(x, y)$ および $I(x, y)$ に対応する $Ie(x, y)$ を作成する。

【0026】ハフ変換処理部14は、エッジ検出部13が作成したエッジ方向画像をハフ変換して $\theta-\rho$ 平面データを作成する処理部であり、具体的には、 $Re(x, y)$ に対応する $h0(\theta, \rho)$ および $Ie(x, y)$ に対応する $h1(\theta, \rho)$ を作成する。

【0027】フーリエ変換処理部15は、ハフ変換処理部14が作成した $\theta-\rho$ 平面データをフーリエ変換して $\theta-p$ 平面データを作成する処理部であり、具体的には、 $h0(\theta, \rho)$ に対応する $H0(\theta, p)$ および $h1(\theta, \rho)$ に対応する $H1(\theta, p)$ を作成する。

【0028】対数座標変換処理部19は、フーリエ変換処理部15が作成した $\theta-p$ 平面の p 軸を、対数座標軸 q 軸に対数座標変換処理する処理部であり、具体的には、 $H0(\theta, p)$ に対応する $H0(\theta, q)$ および $H1(\theta, p)$ に対応する $H1(\theta, q)$ を作成する。

【0029】移動量算出部16は、 $\theta-q$ 平面作成部12から入力される入力データ $h1(\theta, \rho)$ 及び $H1(\theta, q)$ と参照データ記憶部17に格納された参照データ $h0(\theta, \rho)$ 及び $H0(\theta, q)$ を用いて、入力濃度画像 $I(x, y)$ に含まれる図形（検査対象物）の、参照濃度画像 $R(x, y)$ に含まれる図形（基準となる形状パターン）に対する回転角、平行移動量および拡大・縮小率を算出しこれを出力する処理部である。

【0030】具体的には、この移動量算出部16は、ハフ変換を行った $\theta-\rho$ 平面をさらにフーリエ変換した $\theta-q$ 平面レベルで回転角および拡大・縮小率を算出するとともに、これら回転角および拡大・縮小率により補正された $\theta-\rho$ 平面レベルで平行移動量を算出する。このように $\theta-\rho$ 平面をさらにフーリエ変換し、補正した $\theta-\rho$ 平面で平行移動量を算出した理由は、まず、平行移動の影響を除去した上で回転角および拡大・縮小率を迅速に求め、その後これら回転角、拡大・縮小率の影響を除去した上で平行移動量を迅速に求めるためである。

【0031】また、この移動量算出部16が、参照データすなわち $h0(\theta, \rho)$ 及び $H0(\theta, q)$ を $\theta-q$ 平面作成部12から受け取った場合には、かかる参照データを参照データ記憶部17に記憶する処理を行う。このため、その細部の説明は省略するが、 $\theta-q$ 平面作成部12が移動量算出部16に対して参照データを出力する際には、出力するデータが参照データであることを示す

識別フラグ等を当該参照データに付与するようにしている。

【0032】参照データ記憶部17は、参照濃度画像R(x, y)に対応する θ - ρ 平面データ $h0(\theta, \rho)$ 及び θ - q 平面データ $H0(\theta, q)$ を参照データとして記憶する記憶部であり、かかる参照データは移動量算出部16によりアクセスされる。

【0033】逆ハフ変換処理部18は、移動量算出部16が平行移動量を算出する際に使用する処理部であり、具体的には、この移動量算出部16が参照 θ - ρ 平面と入力 θ - ρ 平面との間で算出した相関係数を記憶した ρ 相互相関画像 $C\rho(\theta, \rho)$ について逆ハフ変換を実行する。

【0034】このように、この画像照合装置10は、参照濃度画像R(x, y)と入力濃度画像I(x, y)を照合する際に、それぞれハフ変換を行った後にフーリエ変換して θ - q 平面レベルで回転角および拡大・縮小率を求めるとともに、該回転角および拡大・縮小率に基づいて θ - ρ 平面レベルで平行移動量を算出するものである。

【0035】次に、上記画像照合装置10の処理手順について説明する。ただし、ここでは、参照データは既に参照データ記憶部10に設定済みであるものとする。

【0036】図2は、図1に示す画像照合装置10の処理手順を示すフローチャートである。

【0037】同図2に示すように、この画像照合装置10は、入力濃度画像I(x, y)が入力されると、 θ - q 平面作成部12がエッジ検出部13を用いてI(x, y)からエッジ方向画像Ie(x, y)を作成する(ステップ201)。

【0038】そして、 θ - q 平面作成部12は、ハフ変換処理部14を用いてIe(x, y)をハフ変換して θ - ρ 平面データ $h1(\theta, \rho)$ を作成した後(ステップ202)、フーリエ変換部15を用いて $h1(\theta, \rho)$ をさらにフーリエ変換し θ - p 平面データ $H1(\theta, p)$ を作成する(ステップ203)。

【0039】さらに、 θ - q 平面作成部12は、対数座標変換処理部19を用いて θ - p 平面(θ, p)の p 軸を、 q 軸という対数座標軸に対数座標変換して、 θ - q 平面データ $H1(\theta, q)$ を作成する(ステップ204)。

【0040】そして、移動量算出部16は、予め作成し参照データ記憶部17に予め記憶しておいた同様な対数座標変換後の参照データ $H0(\theta, q)$ を当該参照データ記憶部17から読み出す(ステップ205)。

【0041】ついで、ステップ204で作成されたフーリエ対数座標変換画像 $H1(\theta, q)$ と、ステップ205で参照データ記憶部17から読み出されたフーリエ対数座標変換画像 $H0(\theta, q)$ とを用いて、これらの2次元相関係数 $Cr(\theta, q)$ を計算する(ステップ20

6)。

【0042】そして、この2次元相関係数 $Cr(\theta, q)$ が最大となる θ, q の位置より回転角 ψ 、拡大・縮小率 s を求める(ステップ207)。

【0043】次に、この移動量算出部16は、これら回転角 ψ および拡大・縮小率 s に基づいて参照 θ - ρ 平面に対する入力 θ - ρ 平面の θ 軸方向のシフト量および ρ 軸方向の拡大・縮小率を補正し、この補正した参照 θ - ρ 平面データ $h0(\theta, \rho)$ と入力 θ - ρ 平面データ $h1(\theta, \rho)$ の各 θ について ρ 軸方向にシフトしながら正規化相関係数を計算し、その相関係数の最大値の位置を検出して、相関係数を記憶した ρ 相互相関画像 $C\rho(\theta, \rho)$ を作成する(ステップ208)。

【0044】そして、移動量算出部16は、逆ハフ変換処理部18を用いて ρ 相互相関画像 $C\rho(\theta, \rho)$ を逆ハフ変換して逆ハフ変換画像In $v(x, y)$ を作成し、その最大値の位置を求めて平行移動量($x\Delta, y\Delta$)を算出する(ステップ209)。

【0045】上記一連の処理を行うことにより、 θ - q 平面レベルで回転角 ψ および拡大・縮小率 s を求めるとともに、該回転角 ψ および拡大・縮小率 s に基づいて θ - ρ 平面レベルで平行移動量($x\Delta, y\Delta$)を求めることが可能となる。なお、上記処理手順においては、Re(x, y)、 $h0(\theta, \rho)$ 、 $H0(\theta, p)$ 、 $H0(\theta, q)$ の作成手順についての説明を省略したが、これらについても、入力濃度画像I(x, y)の場合と同様にステップ201~204を実行することにより作成することができる。

【0046】次に、図2のステップ201に示すエッジ方向画像の作成手順について具体的に説明する。

【0047】図3は、図2のステップ201のエッジ方向画像の作成手順を示すフローチャートである。

【0048】図3に示すように、エッジ検出部13では、まず最初にゼロクロス点を求めるために、入力濃度画像I(x, y)に対して次式に示すガウスラプラシアンフィルタを適用し、ラプラシアン画像Ig(x, y)を作成する(ステップ301)。

【0049】

$$\nabla^2 G(x, y) = \frac{-1}{\pi\sigma^4} \left(1 - \frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

そして、Ig(x, y)の注目画素が負で、かつ、その4近傍の画素のうち少なくとも1つの画素の画素値が正であるか否かを確認し(ステップ302)、かかる条件が成立する場合には、I(x, y)に対してソーベル(Sobel)の微分オペレータを適用してエッジ強度Emを算出する(ステップ303)。

【0050】そして、このエッジ強度Emが所定のしきい値以上であれば、エッジ方向E θ を計算してエッジ方向画像Ie(x, y)に格納し、しきい値未満の場合には、次画素の処理に移行する(ステップ305)。

【0051】このように、上記ゼロクロス点は、 σ の値を小さくして画像の詳細なエッジを検出しようとするとき、ノイズのエッジ点に対応するものが増えるという性質を有するため、かかるノイズのゼロクロス点の位置に対してソーベルオペレータを適用することにより、ノイズのゼロクロス点の除去を図っている。

【0052】そして、注目画素を移行させながらかかるステップ302～305の処理を繰り返し（ステップ306）、全ての画素に対する処理を終了したならば、このエッジ方向画像処理を終了する。

【0053】このように、このエッジ検出部13は、特開平5-151352号公報に開示されたエッジ検出方法と同様の手法を用いてエッジ方向画像 $I_e(x, y)$ を作成している。

【0054】なお、上記ソーベルの微分オペレータは、図4に示すように、 x 方向のマスクオペレータ40と y 方向のマスクオペレータ41から構成され、 x 方向のマスクオペレータ40からの出力を M_x 、 y 方向のマスクオペレータ41からの出力を M_y とすると、エッジ強度 E_m 及びエッジ方向 E_θ は次式により算出される。

【0055】

$$\begin{aligned} E_m &= \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \\ E_\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{M_y}{M_x}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

また、ここでは、ソーベルの微分オペレータを用いた場合について説明したが、ロバーツ (Robert) やロビンソン (Robinson) 等の各種微分オペレータを適用することも可能である。

【0056】次に、図2のステップ202に示す θ - ρ 平面データの作成手順について具体的に説明する。

【0057】図5は、図2のステップ202の θ - ρ 平面データの作成手順を示すフローチャートである。

【0058】図5に示すように、ハフ変換処理部14は、エッジ方向画像 $I_e(x, y)$ が入力されると（ステップ501）、この $I_e(x, y)$ がエッジ点であるか否かを確認し（ステップ502）、エッジ点である場合には、角度変数 θ を

$$\theta = E_\theta - \Delta\theta$$

に設定する（ステップ503）。なお、この $\Delta\theta$ は、実験を踏まえて妥当な値が設定される。

【0059】次に、

$$\begin{aligned} \rho &= x \cos \theta + y \sin \theta \\ (E_\theta - \Delta\theta < \theta < E_\theta + \Delta\theta) \end{aligned} \quad (3)$$

を算出するとともに、その算出値に対応する $h_1(\theta, \rho)$ に+1加算（投票）する（ステップ504）。

【0060】そして、角度変数 θ をインクリメントし（ステップ505）、該角度変数 θ が $E_\theta - \Delta\theta$ から $E_\theta + \Delta\theta$ の範囲内である限り、上記ステップ504及び

505の処理を繰り返す（ステップ506）。

【0061】そして、かかる処理をエッジ方向画像 $I_e(x, y)$ の全画素について繰り返し（ステップ507）、全画素の処理を終えた時点で、この θ - ρ ハフ変換処理を終了する。

【0062】すなわち、 $I_e(x, y)$ がエッジ点である場合には、角度変数 θ を $E_\theta - \Delta\theta$ から $E_\theta + \Delta\theta$ まで変位させつつ ρ を算出し、その θ 及び ρ の組み合わせに対応する $h_1(\theta, \rho)$ に+1加算していくことにより、 $h_1(\theta, \rho)$ を作成している。

【0063】なお、ここでは入力濃度画像 $I(x, y)$ に対応する $h_1(\theta, \rho)$ を作成する場合について説明したが、参照濃度画像 $R(x, y)$ に対応する $h_0(\theta, \rho)$ についても同様に作成することができる。

【0064】次に、図2のステップ203に示すフーリエ変換処理、つまり θ - ρ 平面データの作成手順について具体的に説明する。

【0065】ここで、入力濃度画像 $I(x, y)$ は、参照濃度画像 $R(x, y)$ に対して、拡大・縮小率 s で拡大・縮小され、さらに回転角 ψ をもって回転され、さらに平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ だけ平行移動されている。

【0066】こうした (x, y) 空間上での拡大・縮小、回転、平行移動は、 (θ, ρ) 空間上では下式に示される変換で表される。

【0067】

$$h_1(\theta, \rho) = h_0\left(\theta - \psi, \frac{\rho - t \cos(\theta - \kappa)}{s}\right) \quad (4)$$

ただし、

$$t = \sqrt{x_\Delta^2 + y_\Delta^2} \quad (5)$$

$$\kappa = \tan^{-1}\left(\frac{y_\Delta}{x_\Delta}\right) \quad (6)$$

である。

【0068】そこで、 (θ, ρ) 空間から、こうした平行移動の影響を除去するために、入力濃度画像 $I(x, y)$ に対応する $h_1(\theta, \rho)$ および参照濃度画像 $R(x, y)$ に対応する $h_0(\theta, \rho)$ それぞれについて、 ρ 軸方向の1次元のフーリエ変換を行い、その後周波数 p が $p \geq 0$ の領域のパワースペクトル密度を計算してフーリエ変換画像 $H_1(\theta, p)$ 、 $H_0(\theta, p)$ を求めるようにしている。

【0069】すなわち、図6は、かかる θ - p 平面データの作成手順を示すフローチャートであり、同図6に示すように、フーリエ変換処理部15は、まず、ハフ変換処理部14が作成した入力 θ - ρ 平面データ $h_1(\theta, \rho)$ を入力する（ステップ601）。ついで、角度変数 θ をゼロに初期設定した後（ステップ602）、FFTすなわち高速フーリエ変換により $h_1(\theta, \rho)$ において ρ 軸方向の1次元フーリエ変換を行い、そのパ

ワーを $H_1(\theta, p)$ に格納する。つまり周波数 p が $p \geq 0$ の領域のパワースペクトル密度を計算してフーリエ

$$H_0(\theta, p) = \left| \int_{-\infty}^{\infty} h_0(\theta, \rho) \cdot e^{-j2\pi p \rho} d\rho \right| \quad (7)$$

$$H_1(\theta, p) = \left| \int_{-\infty}^{\infty} h_1(\theta, \rho) \cdot e^{-j2\pi p \rho} d\rho \right| \quad (8)$$

(ステップ 603)。

【0071】そして、角度変数 θ をインクリメントした後に (ステップ 604)、該 θ が θ_{\max} 未満であるか否かを確認し (ステップ 605)、 θ_{\max} 未満である場合にはステップ 603 及び 604 の処理を繰り返し、やがて θ_{\max} 以上となった時点で処理を終了する。

【0072】なお、ここでは入力濃度画像 $I(x, y)$ に対応する $H_1(\theta, p)$ を作成する場合について説明したが、参照濃度画像 $R(x, y)$ に対応する $H_0(\theta, p)$ についても上記 (7) 式のごとく同様に作成することができる。

【0073】上記 (4)、(7)、(8) 式より $H_0(\theta, p)$ と $H_1(\theta, p)$ との関係は下記 (9) 式のように表され、(4) 式との比較から平行移動の影響が除去されているのがわかる。

【0074】

$$H_1(\theta, p) = s H_0(\theta - \psi, sp) \quad (9)$$

次に、図 2 のステップ 204 に示す対数座標変換処理の手順について具体的に説明する。

【0075】ここで、対数座標変換処理をする理由は、以下のとおりである。

【0076】すなわち、拡大・縮小率 s をもって入力濃度画像 $I(x, y)$ が参照濃度画像 $R(x, y)$ に対して拡大、縮小している場合には、入力フーリエ変換画像 $H_1(\theta, p)$ は参照フーリエ変換画像 $H_0(\theta, p)$ に対して p 軸方向に縮小、拡大したものになっている (例えば、入力濃度画像 $I(x, y)$ が参照濃度画像 $R(x, y)$ に対して拡大しているときは、 p 軸方向に縮む関係となる)。

【0077】このまま、拡大・縮小率 s を求めたのであれば、演算処理が煩雑なものとなり、処理に時間を要することとなる。

【0078】そこで、周波数 p 軸を、周波数の対数座標軸 q 軸に対数座標変換することにより、 p 軸方向に画像が伸縮している関係を、 q 軸方向に画像が平行移動している関係に変換する。つまり、参照 $\theta - q$ 平面に対して入力 $\theta - q$ 平面を、 q 軸方向に拡大・縮小率 s に応じた量だけシフト (平行移動) させるようにする。

【0079】このように q 軸方向に平行移動している関係にすることによって拡大・縮小率 s を求める演算処理が簡易なものとなり、処理時間が短縮されることとな

る。変換画像 $H_1(\theta, p)$ を下記 (8) 式のごとく求める。

【0070】

る。

【0080】図 7 は、こうした対数座標変換処理の手順を示すフローチャートであり、同図 7 に示すように、対数座標変換処理部 19 は、まず θ をゼロに初期設定するとともに (ステップ 701)、 q をゼロに初期設定する (ステップ 702)。

【0081】ついで、 q に対応する p を下記 (25) 式、

$$p = c \cdot \exp(q) \quad (25)$$

(ただし、 c は定数) から求める。つまり、対数座標軸 q 上の座標位置に対応する p 軸上の座標位置を求める (ステップ 703)。

【0082】こうして p と q の対応関係が判明したならば、下記 (26) 式に示すように、フーリエ変換画像 $H_1(\theta, p)$ を、対応するフーリエ対数座標変換画像 $H_1(\theta, q)$ に変換する。

$$H_1(\theta, q) = H_1(\theta, p) \quad (26)$$

(ステップ 704)

つぎに、対数座標変換のサンプリング誤差の影響を軽減するために、 q 軸方向にハニング窓を掛ける処理を行う。

【0084】つまり、下記 (27) 式に示すように、ステップ 704 で取得された $H_1(\theta, q)$ にハニング窓関数 $W(q)$ を乗算したものを、新たな $H_1(\theta, q)$ とする。

【0085】

$$W(q) = 0.5 (1 + \cos(\pi q / q_{\max}))$$

$$H_1(\theta, q) = W(q) \cdot H_1(\theta, q) \quad (27)$$

ただし、 q_{\max} は q の最大値である (ステップ 705)。

【0086】ついで、 q をインクリメントし (ステップ 706)、 q が最大値 q_{\max} 未満であれば (ステップ 707 の判断 YES)、更新した q に対して同様な処理 (ステップ 703～ステップ 706) を繰り返すが、やがて q が最大値 q_{\max} に達すると (ステップ 707 の判断 NO)、つぎのステップ 708 に移行される。

【0087】今度は、 θ がインクリメントされ、 θ が最大値 θ_{\max} 未満であれば (ステップ 708 の判断 YES)、更新した θ に対して q を再度ゼロにした上で同様な処理 (ステップ 702～ステップ 707) を繰り返すが、やがて θ が最大値 θ_{\max} に達すると (ステップ 708 の判断 NO)、この対数座標変換処理を終了させる。

【0088】なお、ここでは入力濃度画像 $I(x, y)$ に対応する $H_1(\theta, q)$ を作成する場合について説明したが、参照濃度画像 $R(x, y)$ に対応する $H_0(\theta, q)$ についても同様に作成することができる。

【0089】こうした取得された $H_1(\theta, q)$ と $H_0(\theta, q)$ の関係は、下記(10)式のように表される。

$$H_1(\theta, q) = s \cdot H_0(\theta - \psi, q + \lambda) \quad (10)$$

ただし、

$$q = \log p \quad (11)$$

$$\lambda = \log s \quad (12)$$

である。

【0091】このように入力濃度画像 $I(x, y)$ に対応する $H_1(\theta, q)$ は、参照濃度画像 $R(x, y)$ に対応する $H_0(\theta, q)$ を、 q 軸方向に $-\lambda$ 、 θ 軸方向に ψ だけシフトしたものと表すことができる。

【0092】よって、この q 軸方向のシフト量 $-\lambda$ を算出することができれば、拡大・縮小率 s を上記(12)式の関係より求めることができ、 θ 軸方向のシフト量 ψ を算出することができれば、回転角 ψ を求めることができる。

【0093】そこで、こうした q 軸方向のシフト量 $-\lambda$ 、 θ 軸方向のシフト量 ψ を求めるべく、移動量算出部16は、まず、参照データ記憶部17に予め記憶してお

$$F_0(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{2\pi} H_0(\theta, q) \cdot e^{-j(u\theta + vq)} d\theta dq \quad (13)$$

$$F_1(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{2\pi} H_1(\theta, q) \cdot e^{-j(u\theta + vq)} d\theta dq \quad (14)$$

ここで、上記(10)式とこれら(13)、(14)式とを用いて、 $F_0(u, v)$ と $F_1(u, v)$ との関係式(15)を得る。

$$F_1(u, v) = s \cdot e^{-j(\psi u - \lambda v)} \cdot F_0(u, v) \quad (15)$$

そこで、 $F_0(u, v)$ をパワーと位相に分けると、下記(16)式のように表され、 $F_1(u, v)$ については上記(15)式より下記(17)式のように表される。

$$F_0(u, v) = |F_0(u, v)| e^{-j\phi_0(u, v)} \quad (16)$$

$$F_1(u, v) = |s F_0(u, v)| e^{-j(\psi u - \lambda v)} e^{-j\phi_0(u, v)} \quad (17)$$

この結果、 $F_0(u, v)$ 、 $F_1(u, v)$ の位相成分はそれぞれ下記(18)、(19)式のように表される。

いた対数座標変換後の参照データ $H_0(\theta, q)$ を当該参照データ記憶部17から読み出し(ステップ205)、この読み出されたフーリエ対数座標変換画像 $H_0(\theta, q)$ とステップ204で作成されたフーリエ対数座標変換画像 $H_1(\theta, q)$ とを用いて、これらの2次元相関係数 $Cr(\theta, q)$ を計算する(ステップ206)。その後、この2次元相関係数 $Cr(\theta, q)$ が最大となる θ 、 q の位置より回転角 ψ 、拡大・縮小率 s を求める(ステップ207)。

【0094】図8は、こうした2次元相関係数 $Cr(\theta, q)$ の演算処理および回転角 ψ 、拡大・縮小率 s の算出処理の手順を示すフローチャートであり、同図8に示すように、まず $H_1(\theta, q)$ を2次元フーリエ変換して $F_1(u, v)$ を求める(ステップ801)。ついで、この $F_1(u, v)$ の各成分のパワーを1.0に正規化して $F_1\phi(u, v)$ を求める(ステップ802)。参照濃度画像 $R(x, y)$ に対応する $H_0(\theta, q)$ についても同様の処理が実行され、この結果作成された $F_0\phi(u, v)$ が記憶部に予め記憶されている。そこで、この $F_0\phi(u, v)$ が読み出される(ステップ803)。

【0095】かかる一連の処理について更に詳しく説明すると、まず、 $H_0(\theta, q)$ 、 $H_1(\theta, q)$ がそれぞれ2次元フーリエ変換されて下記(13)、(14)式に示すように $F_0(u, v)$ 、 $F_1(u, v)$ が求められる。

【0096】

$$F_0^\phi(u, v) = e^{-j\phi_0(u, v)} \quad (18)$$

$$F_1^\phi(u, v) = e^{-j(\psi u - \lambda v)} \cdot e^{-j\phi_0(u, v)} \quad (19)$$

そこで、こうした取得された $F_0\phi(u, v)$ 、 $F_1\phi(u, v)$ を用いて $F_1\phi(u, v)$ と、 $F_0\phi(u, v)$ * の積を下記(20)、(21)、(22)式に示すように逆フーリエ変換して $H_0(\theta, q)$ と $H_1(\theta, q)$ の相関値(2次元相関係数) $Cr(\theta, q)$ を求める。
【0100】

$$C_r(\theta, q) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F_1^{\phi}(u, v) F_0^{\phi}(u, v)^* \cdot e^{j(u\theta + vq)} du dv \quad (20)$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-j(\varphi u - \lambda v)} \cdot e^{j(u\theta + vq)} du dv \quad (21)$$

$$= \delta(\theta - \psi, q - (-\lambda)) \quad (22)$$

ただし、 $F_0^{\phi}(u, v)^*$ は、 $F_0^{\phi}(u, v)$ の複素共役である(ステップ804)。

【0101】このようにして求められた相関値 $C_r(\theta, q)$ はデルタ関数になっているのがわかる(上記(22)式参照)。そして、このデルタ関数 $C_r(\theta, q)$ は、 $\theta = \psi$ 、 $q = -\lambda$ の座標位置で最大値をとる。そこで、 $C_r(\theta, q)$ 平面から最大値をとる座標位置 $\theta = \psi$ 、 $q = -\lambda$ を検出し(ステップ805)、この検出位置 $(\psi, -\lambda)$ に基づき、回転角 ψ を求めるとともに、拡大・縮小率 s を、上記(12)式に基づく変換式、

$$s = k \cdot \exp(-\lambda) \quad (28)$$

(k は定数)により求めるようにする(ステップ806)。

【0102】以上、この図8では、 $H_0(\theta, q)$ に対する $H_1(\theta, q)$ の、 θ 軸方向のシフト量、 q 軸方向のシフト量を求めるために、2次元フーリエ変換の位相を利用したフーリエ位相変換法を用いるようにしたが、通常のマッチフィルタや2次元相関によって求める実施も可能である。

【0103】次に、図2のステップ208に示す ρ 相互相関画像 $C_{\rho}(\theta, \rho)$ の作成手順について具体的に説明する。

【0104】図9は、図2のステップ208の ρ 相互相関画像 $C_{\rho}(\theta, \rho)$ の作成手順を示すフローチャートである。

$$C_{\rho}(\theta, \Delta\rho) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} (h_1(\theta, \rho + \Delta\rho) - h_1)(h_0(\theta, \rho) - h_0) d\rho}{\int_{-\infty}^{\infty} (h_1(\theta, \rho) - h_1)^2 d\rho \int_{-\infty}^{\infty} (h_0(\theta, \rho) - h_0)^2 d\rho} \quad (23)$$

次に、図2のステップ209に示す逆ハフ変換画像 $I_{nv}(x, y)$ の作成手順について説明する。

【0113】図10は、図2のステップ209の逆ハフ変換画像 $I_{nv}(x, y)$ の作成手順を示すフローチャートである。

【0114】同図10に示すように、移動量算出部16は、 ρ 相互相関画像 $C_{\rho}(\theta, \rho)$ を作成したならば(ステップ1001)、角度変数 θ をゼロに初期設定した後に(ステップ1002)、 ρ に $-\rho_{\max}$ を設定する(ステップ1003)。

【0115】そして、この $C_{\rho}(\theta, \rho)$ が該 $C_{\rho}(\theta, \rho)$ の最大値である C_{\max} よりも大きいか否かを判断し(ステップ1004)、 C_{\max} よりも大きな場合

【0105】同図9に示すように、移動量算出部16は、図8に示す処理により回転角 ψ 、拡大・縮小率 s を求めたならば、入力 $\theta - \rho$ 平面データ $h_1(\theta, \rho)$ 及び参照 $\theta - \rho$ 平面データ $h_0(\theta, \rho)$ を入力して、求めた回転角 ψ および拡大・縮小率 s を用いて参照 $\theta - \rho$ 平面に対する入力 $\theta - \rho$ 平面の θ 軸方向のシフト量および ρ 軸方向の拡大・縮小率を補正する(ステップ901)。

【0106】ついで、角度変数 θ をゼロに初期設定し(ステップ902)、ずらし量 $\Delta\rho$ に $-\rho_{\max} \times 2$ を代入する(ステップ903)。

【0107】そして、回転角 ψ 、拡大・縮小率 s によって補正した $h_0(\theta, \rho)$ と $h_1(\theta, \rho)$ の正規化相互相関係数を計算して ρ 相互相関画像 $C(\theta, \Delta\rho)$ に記憶し(ステップ904)、 $\Delta\rho$ をインクリメントする(ステップ905)。

【0108】その後、この $\Delta\rho$ が $\rho_{\max} \times 2$ 未満であるか否かを確認し(ステップ906)、 $\rho_{\max} \times 2$ 未満である場合には、ステップ904に移行して上記ステップ904及び905の処理を繰り返す。

【0109】これに対して、 $\Delta\rho$ が $\rho_{\max} \times 2$ 以上となった場合には、角度変数 θ をインクリメントした後に(ステップ907)、該角度変数 θ が θ_{\max} 未満である場合にはステップ903に移行する(ステップ908)。

【0110】すなわち、この移動量算出部16では、 $h_0(\theta, \rho)$ と $h_1(\theta, \rho)$ の各 θ について、 ρ 軸方向にずらしながら1次元の正規化相互相関係数を計算し、 ρ 相互相関画像 $C_{\rho}(\theta, \rho)$ を作成している。

【0111】ずらし量が $\Delta\rho$ である場合の1次元の正規化相互相関係数は、次式により算出される。

【0112】

には、この $C_{\rho}(\theta, \rho)$ を C_{\max} に代入して C_{\max} を更新するとともに、この時の ρ を ρ_k に代入する(ステップ1005)。したがって、この ρ_k には、 C_{\max} が最大である場合における ρ の値が格納される。

【0116】次に、この ρ をインクリメントし(ステップ1006)、 ρ が ρ_{\max} 未満であるか否かを確認し(ステップ1007)、 ρ_{\max} 未満である場合には、ステップ1004～1006の処理を繰り返す。

【0117】これに対して、 ρ が ρ_{\max} 以上となった場合には、 $C_{\rho}(\theta, \rho_k)$ を逆ハフ変換する。つまり、逆ハフ変換処理部18では、 $C_{\rho}(\theta, \rho)$ 上の点 (θ, ρ_k) を、

$$\begin{aligned}\rho_k &= x \cos \theta + y \sin \theta \\ y &= -\frac{1}{\tan \theta} x + \frac{\rho_k}{\sin \theta}\end{aligned}\quad (24)$$

の式で示す直線に変換する処理が実行される。

【0118】そして、この逆ハフ変換後の $\text{Inv}(x, y)$ 平面上の直線

$$y = -(1/\tan \theta)x + \rho_k / \sin \theta$$

上に $C\rho(\theta, \rho_k)$ の値を加算する(ステップ1008)。

【0119】そして、角度変数 θ をインクリメントした後に(ステップ1009)、該 θ が θ_{\max} 未満であるか否かを確認し(ステップ1010)、 θ_{\max} 未満である場合にはステップ1003に移行する。

【0120】すなわち、この移動量算出部16では、 $C\rho(\theta, \rho)$ から各 θ で最大値をとる位置 (θ, ρ_k) を検出し、その位置で逆ハフ変換を行って逆ハフ変換画像 $\text{Inv}(x, y)$ を作成している。

【0121】そして、この逆ハフ変換画像 $\text{Inv}(x, y)$ の最大値の位置 (X_{\max}, Y_{\max}) が平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ となる。

【0122】次に、本発明に係わる画像照合装置10を文字の照合に適用した場合の処理結果について説明する。

【0123】図11は、図1に示す画像照合装置10を文字の照合に適用した場合にディスプレイ上に表示される中間画像を示す写真である。

【0124】ここで、図11(a)は、文字(「万」)の参照濃度画像 $R(x, y)$ であり、この参照濃度画像 $R(x, y)$ からエッジ方向を抽出した参照エッジ方向画像 $Re(x, y)$ は、図11(b)に示すようになる。

【0125】そして、この $Re(x, y)$ に対してハフ変換を施すと、図11(e)に示すような帯状の模様を持つ参照 θ - ρ 平面データ $h_0(\theta, \rho)$ となり、さらにこの $h_0(\theta, \rho)$ をフーリエ変換すると、図11(g)に示すような参照 θ - p 平面データ $H_0(\theta, p)$ が得られる。さらにこの $H_0(\theta, p)$ の p 軸を q 軸に対数座標変換すると、図11(i)に示すような参照 θ - q 平面データ $H_0(\theta, q)$ が得られる。

【0126】一方、図11(c)は、文字(「万」)の入力濃度画像 $I(x, y)$ である。

【0127】例えば、箱を仕分け等するために、箱に貼って有るラベルの文字を光学的に読みとる場合を想定すると、この図11(c)に示すように、読みとられた文字は、参照濃度画像 $R(x, y)$ 上の文字に対して、回転し、平行移動し、拡大(縮小)していることがある。

【0128】この入力濃度画像 $I(x, y)$ からエッジ方向を抽出した入力エッジ方向画像 $Ie(x, y)$ は、図11(d)に示すようになる。

【0129】そして、この $Ie(x, y)$ に対してハフ

変換を施すと、図11(f)に示すような入力 θ - ρ 平面データ $h_1(\theta, \rho)$ となり、さらにこの $h_1(\theta, \rho)$ をフーリエ変換すると、図11(h)に示すような入力 θ - p 平面データ $H_1(\theta, p)$ が得られる。さらにこの $H_1(\theta, p)$ の p 軸を q 軸に対数座標変換すると、図11(j)に示すような入力 θ - q 平面データ $H_1(\theta, q)$ が得られる。

【0130】ここで、この $h_1(\theta, \rho)$ が $h_0(\theta, \rho)$ に比して帯のうねりが見られる理由は、文字の姿勢角と位置が異なるためである。

【0131】また、入力濃度画像 $I(x, y)$ が参照濃度画像 $R(x, y)$ に対して拡大しているために、入力フーリエ変換画像 $H_1(\theta, p)$ は参照フーリエ変換画像 $H_0(\theta, p)$ に対して p 軸方向に縮んでいるのがわかる。

【0132】また、こうした p 軸方向に画像が縮んでいる関係は、対数座標変換された $H_1(\theta, q)$ 、 $H_0(\theta, q)$ をみると、 q 軸方向に画像が平行移動している関係に変換されているのがわかる。つまり、画像 $H_0(\theta, q)$ を下方にシフトさせたものが画像 $H_1(\theta, q)$ であることがわかる。

【0133】さて、図11(k)は、相関値 $Cr(\theta, q)$ 平面であり、この相関値 $Cr(\theta, q)$ 平面は、他の点とは明らかに区別できる最大輝度の座標位置を有していることがわかる(最大輝度をとる座標位置が、 $\theta = \psi$ 、 $q = -\lambda$ である)。

【0134】また、図11(l)は、 $h_1(\theta, \rho)$ と $h_0(\theta, \rho)$ の各 θ について、 ρ 軸方向にずらしながら計算した ρ 相互相関画像 $C\rho(\theta, \rho)$ を示す図であり、図11(m)は、 $C\rho(\theta, \rho)$ から各 θ で最大値を持つ位置 (θ, ρ_k) を検出し、その位置で逆ハフ変換を行った逆ハフ変換画像 $\text{Inv}(x, y)$ である。

【0135】上述してきたように、本実施の形態では、 θ - q 平面作成部12がエッジ検出部13、ハフ変換処理部14、フーリエ変換処理部15および対数座標変換処理部19を用いて入力画像に対応する $h_1(\theta, \rho)$ 及び $H_1(\theta, p)$ を作成し、さらにこれに対数座標変換した $H_1(\theta, q)$ を作成し、移動量算出部16がこの $H_1(\theta, q)$ と参照データ記憶部17に記憶した $H_0(\theta, q)$ を比較して θ - q 平面レベルで回転角 ψ および拡大・縮小率 s を求めるとともに、該回転角 ψ および拡大・縮小率 s に基づいて θ - ρ 平面レベルで平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ を算出するよう構成したので、照合に必要なメモリサイズを抑制しつつ、画像のエッジ数が増加した場合であっても処理所要時間を低減することができる。

【0136】

【発明の効果】以上説明したように本発明では、ハフ変換を行った θ - ρ 平面をさらにフーリエ変換した θ - q 平面レベルで回転角および拡大・縮小率を算出すると

もに、これら回転角および拡大・縮小率により補正された $\theta-\rho$ 平面レベルで平行移動量を算出するようにしたので、平行移動の影響を除去した上で回転角および拡大・縮小率を迅速に求めることができるとともに、これら回転角、拡大・縮小率の影響を除去した上で平行移動量を迅速に求めることができる。そして同時にメモリ容量も小さくすることができる。

【0137】このため、一般化ハフ変換から、回転角、平行移動量、拡大・縮小率を求める場合に比較して、メモリ容量が飛躍的に低減され、画像のエッジ数が増加した場合であっても処理時間が大幅に短縮される。

【0138】とりわけ、回転角および拡大・縮小率を求める際に、周波数 p 軸を、周波数の対数座標軸 q 軸に対数座標変換することにより、参照 $\theta-q$ 平面に対して入力 $\theta-q$ 平面が、 q 軸方向に拡大・縮小率 s に応じた量だけシフトするようにしているので、拡大・縮小率を求める演算処理が簡易なものとなり、処理時間を飛躍的に短縮できる。

【0139】また、本発明の別の発明では、参照画像に関するデータを予め記憶しておく記憶手段と、入力画像を外部より入力する入力手段とを具え、参照画像に関するデータを、入力画像が外部から入力する前に予め記憶させておくようにしたので、入力画像が入力されたならば参照画像と入力画像とを即座に照合することが可能となり、処理時間を更に短縮することができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明に係る画像照合装置の実施の形態を示す図である。

【図2】図2は本発明に係る画像照合方法の実施の形態を示す図であり、図1に示す画像照合装置で行われる処

理手順を示すフローチャートである。

【図3】図3は図1に示すエッジ検出部が行うエッジ方向画像の作成手順を示すフローチャートである。

【図4】図4はソーベルの微分オペレータを示す図である。

【図5】図5は図1に示すハフ変換処理部が行う $\theta-\rho$ 平面データの作成手順を示すフローチャートである。

【図6】図6は図1に示すフーリエ変換処理部が行う $\theta-p$ 平面データの作成手順を示すフローチャートである。

【図7】図7は図1に示す対数座標変換処理部が行う対数座標変換処理の手順を示すフローチャートである。

【図8】図8は図1に示す移動量算出部が行う回転角および拡大・縮小率の算出手順を示すフローチャートである。

【図9】図9は図1に示す移動量算出部が行う ρ 相互相関画像 $C\rho(\theta, \rho)$ の作成手順を示すフローチャートである。

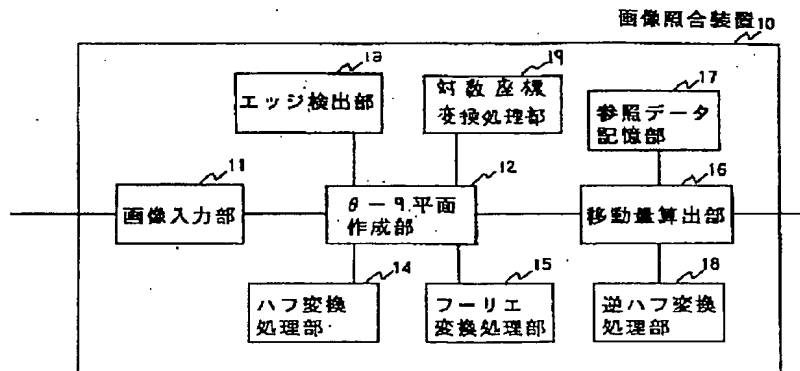
【図10】図10は図1に示す逆ハフ変換処理部が行う逆ハフ変換画像 $I_{nv}(x, y)$ の作成手順を示すフローチャートである。

【図11】図11(a)～図11(m)は図1に示す画像照合装置を文字の照合に適用した場合にディスプレイ上に表示される中間調画像を示す各写真である。

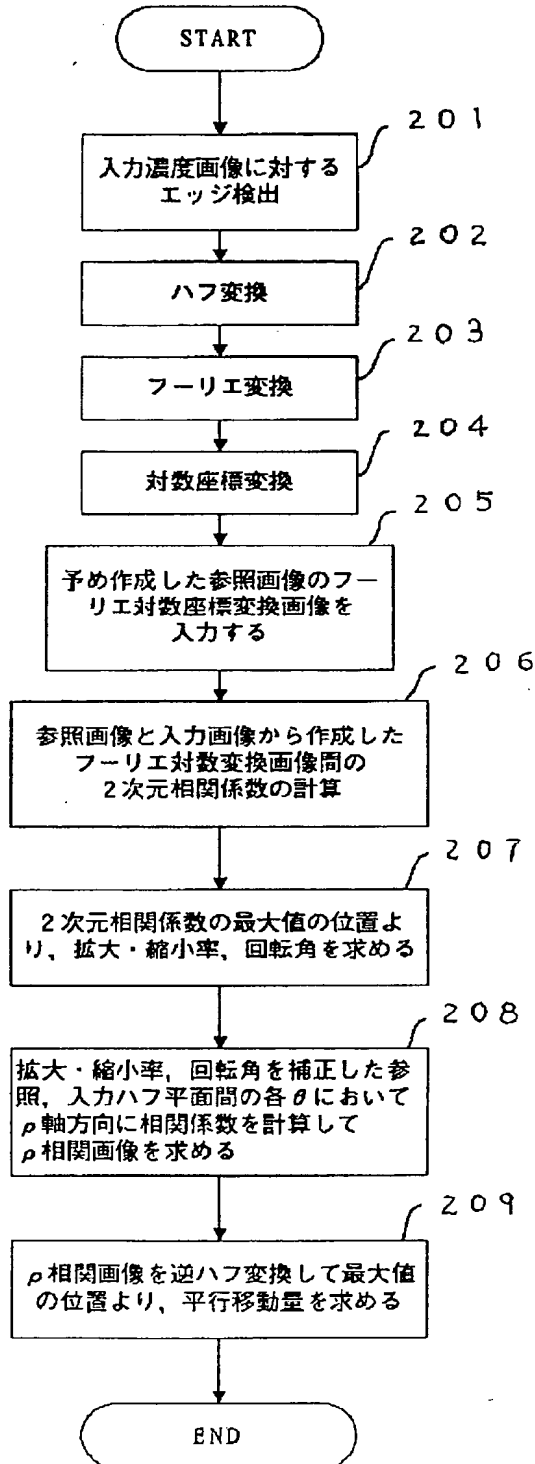
【符号の説明】

10…画像照合装置、 11…画像入力部、 12… $\theta-f$ 平面作成部、 13…エッジ検出部、 14…ハフ変換処理部、 15…フーリエ変換処理部、 16…移動量算出部、 17…参照データ記憶部、 18…逆ハフ変換処理部、 19…対数座標変換処理部、 40, 41…ソーベルオペレータ

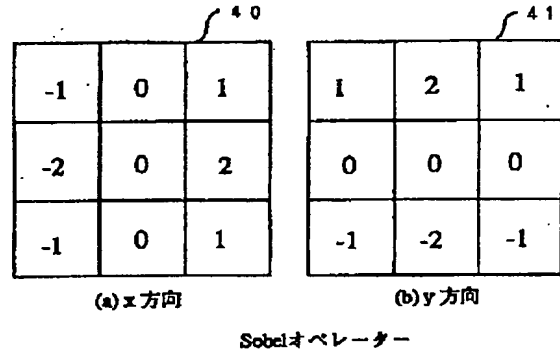
【図1】



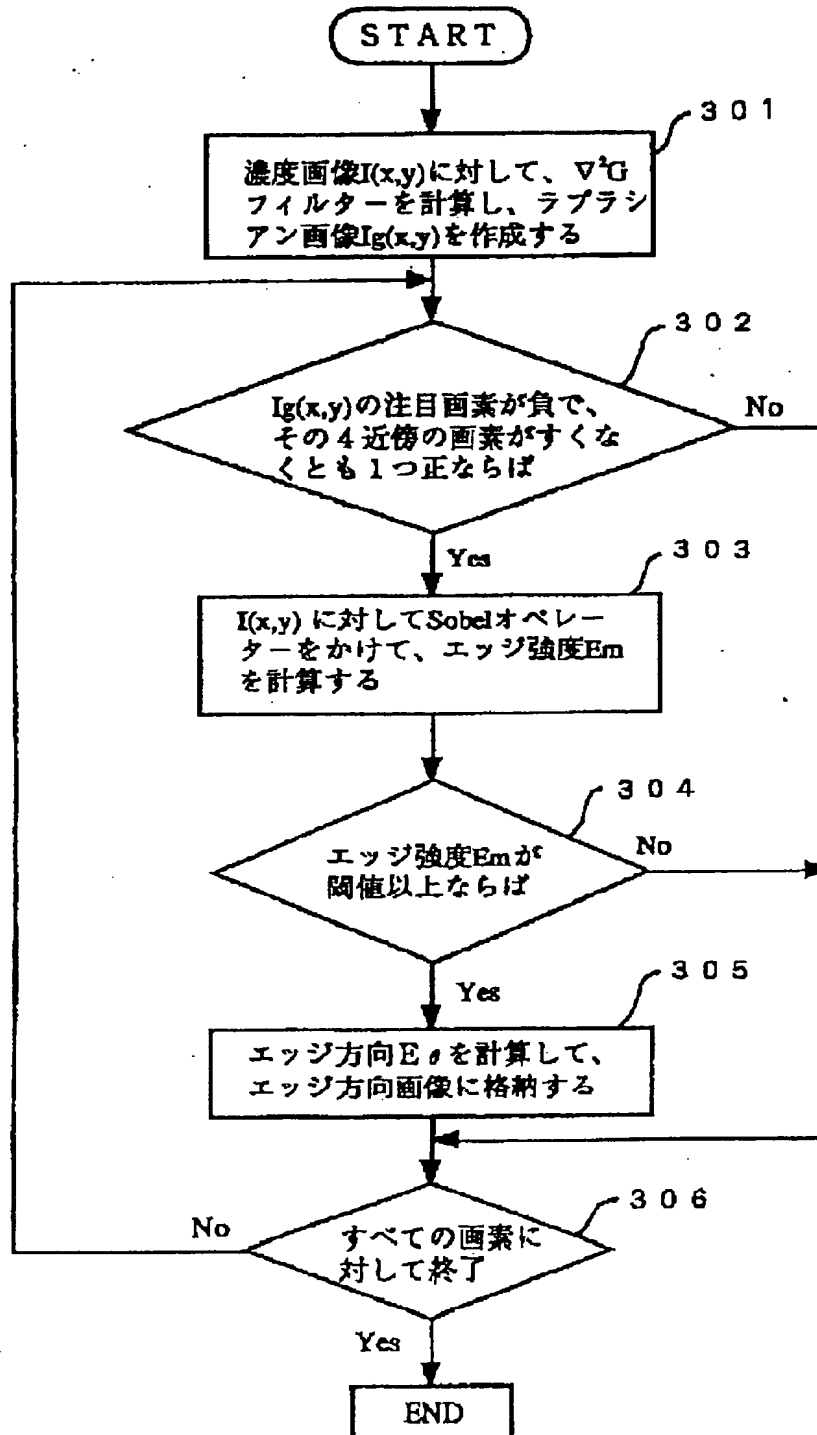
【図2】



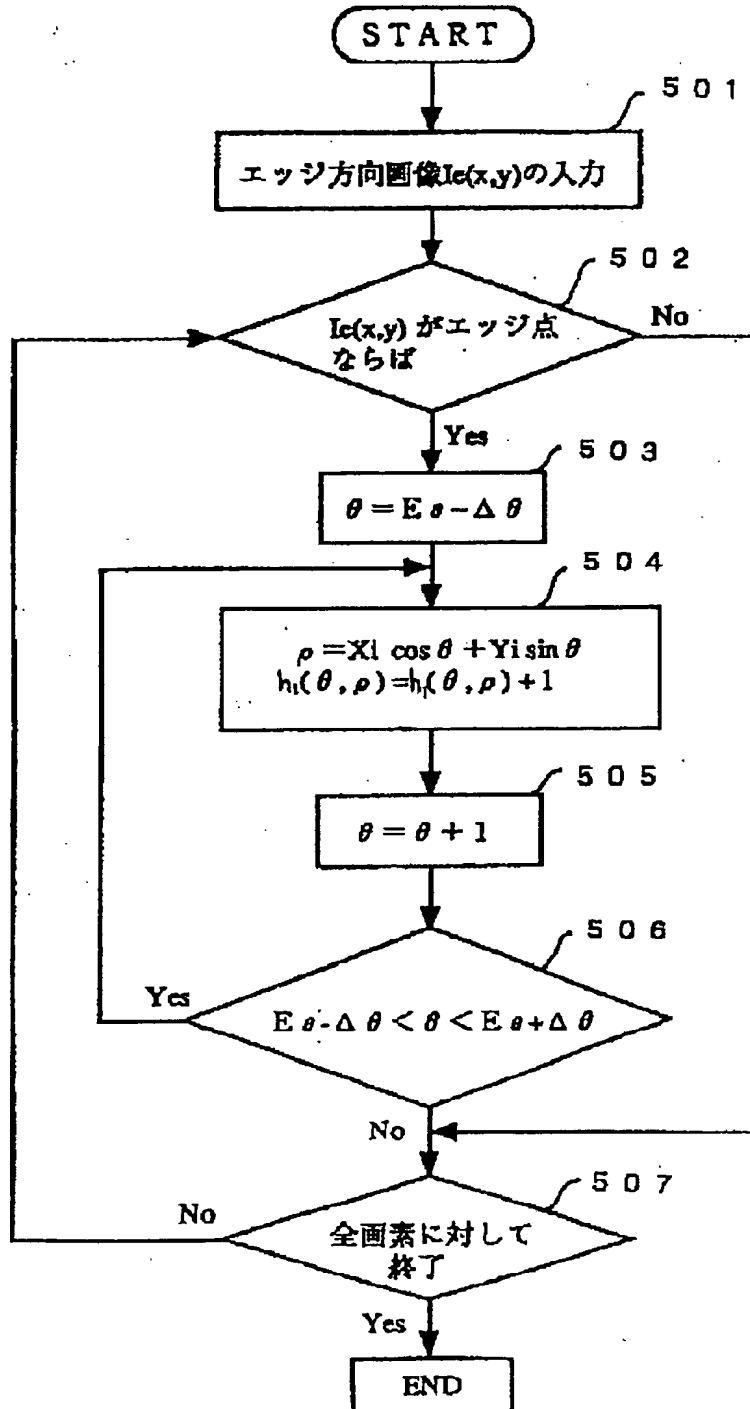
【図4】



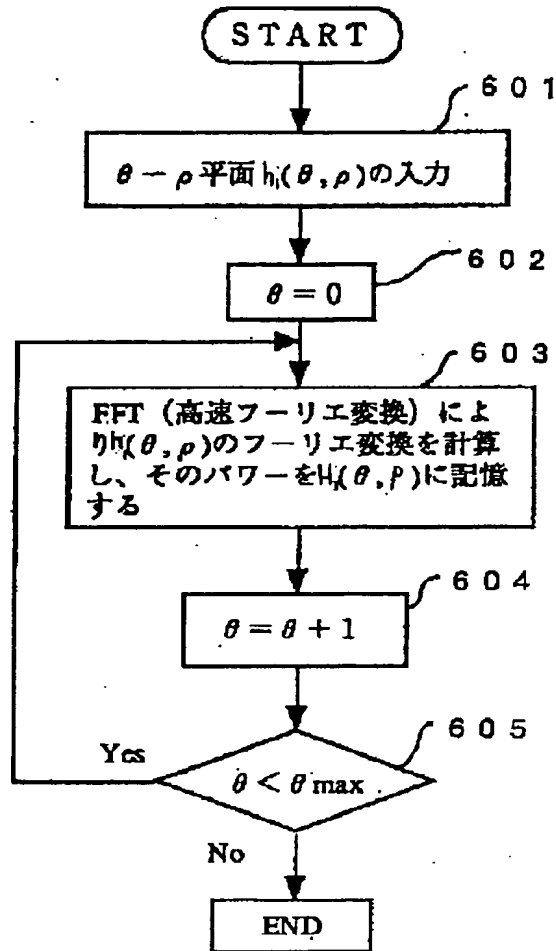
【図3】



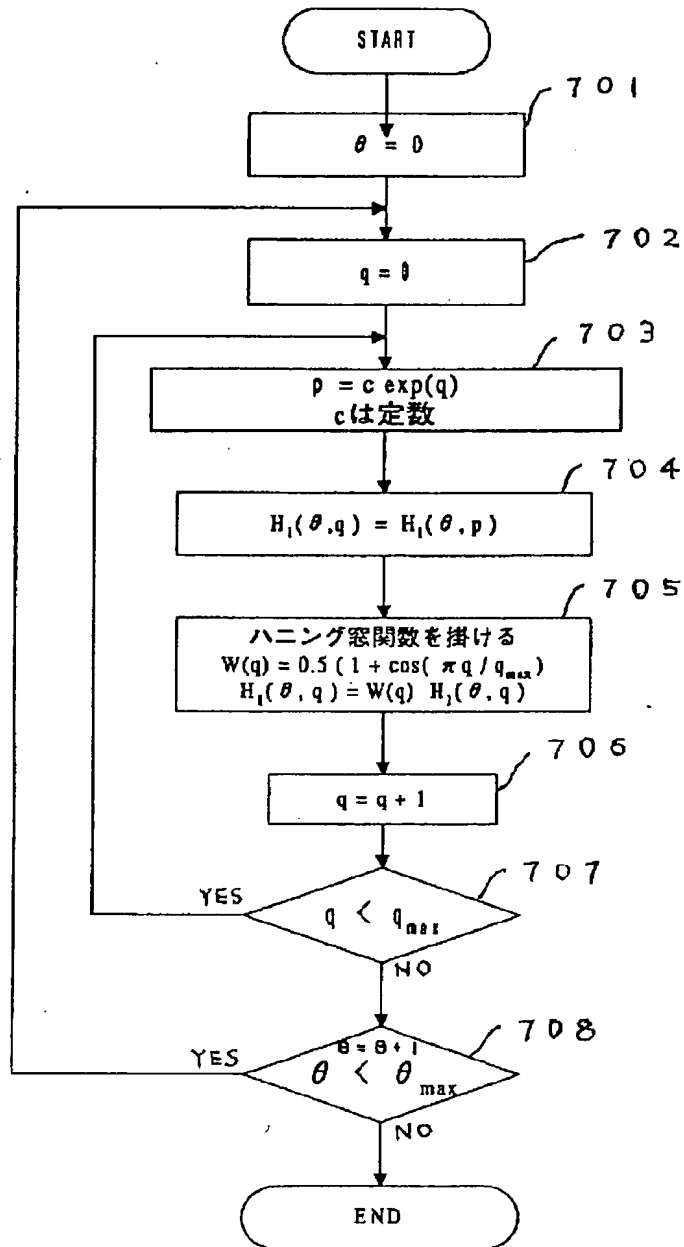
【図5】



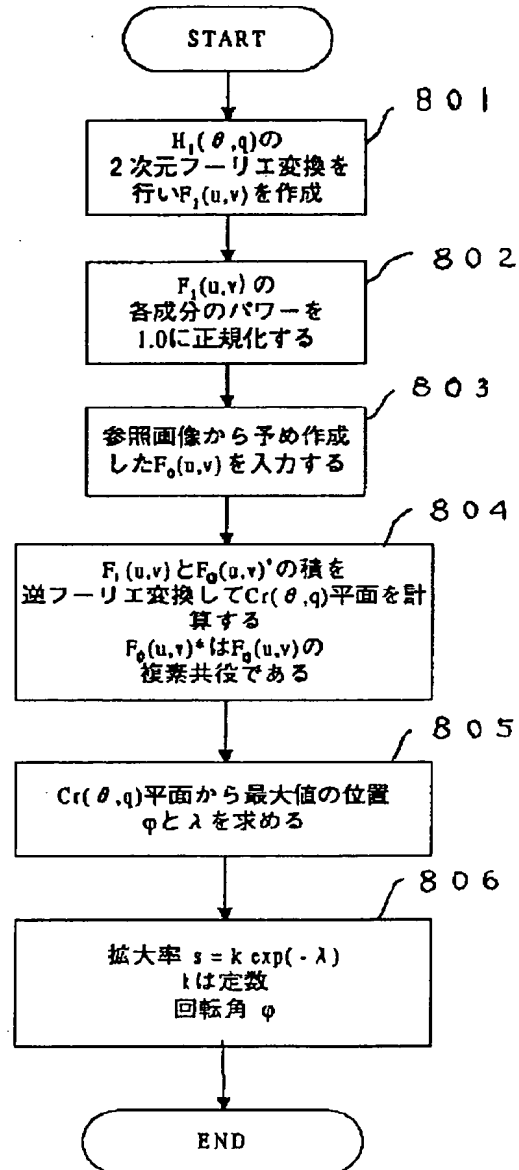
【図6】



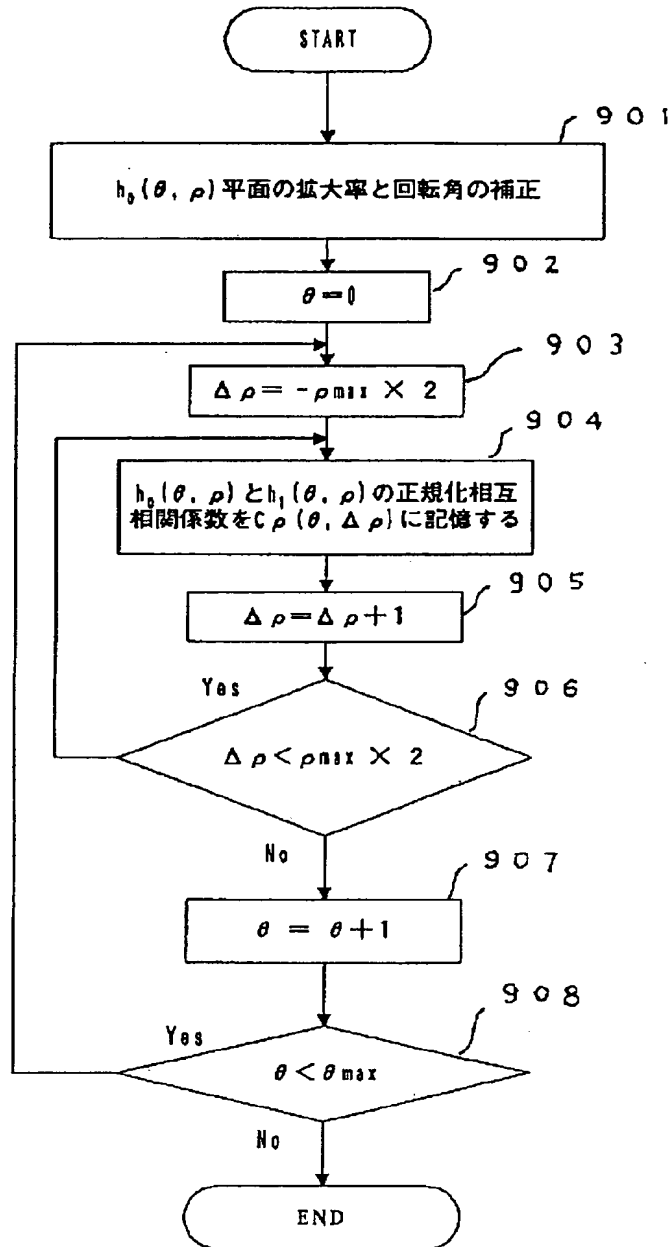
【図 7】



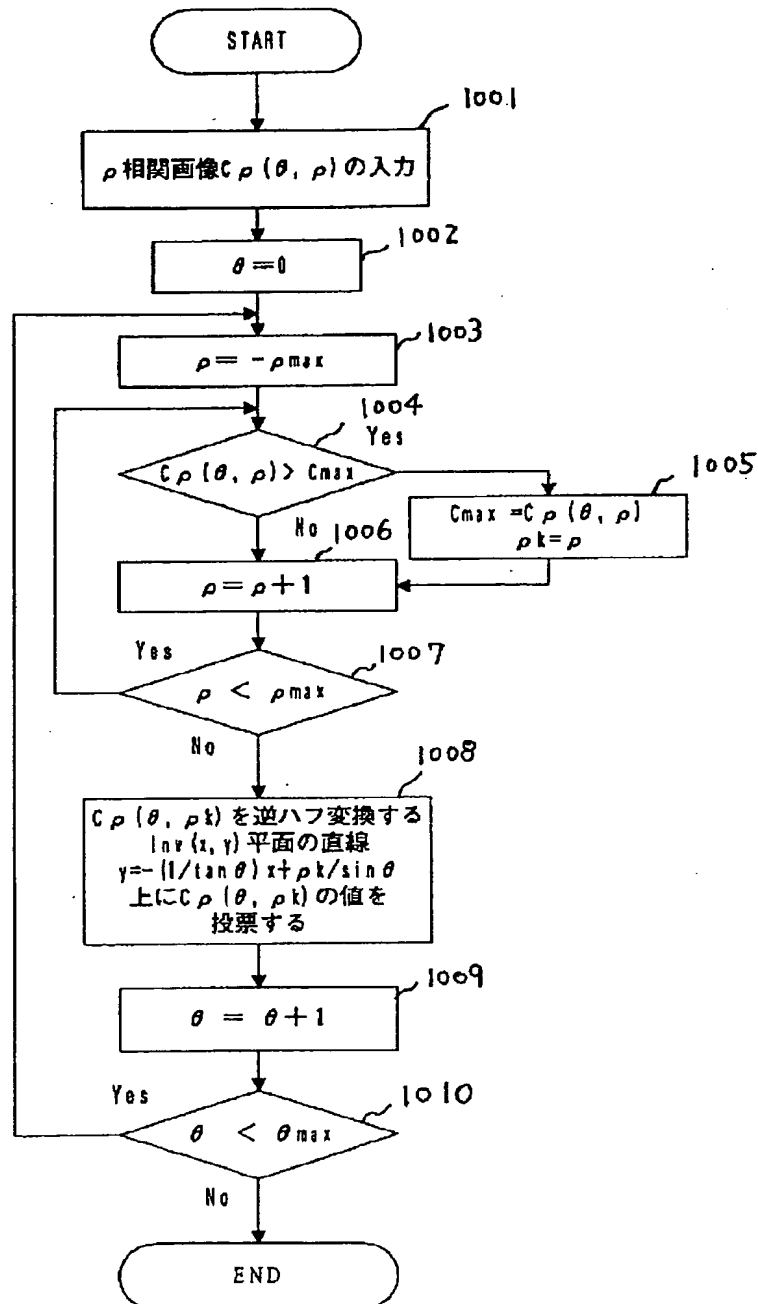
【図8】



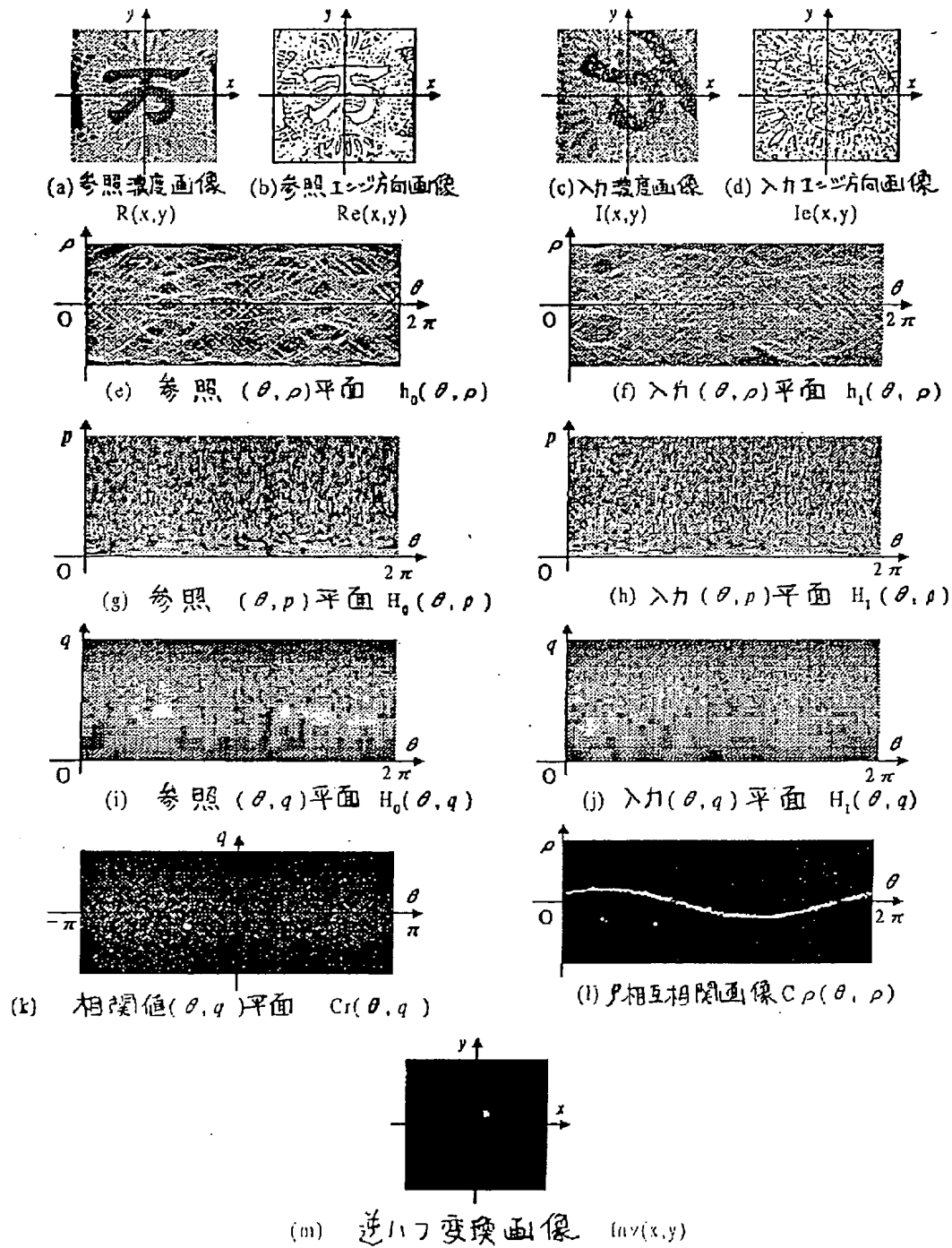
【図9】



【図10】



【図 11】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.